

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Pat ntschrift  
10 DE 196 47 201 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 N 27/22

21 Aktenzeichen: 196 47 201.6-52  
22 Anmeldetag: 15. 11. 96  
43 Offenlegungstag: —  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 12. 2. 98

DE 196 47 201 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Hydac Filtertechnik GmbH, 66280 Sulzbach, DE

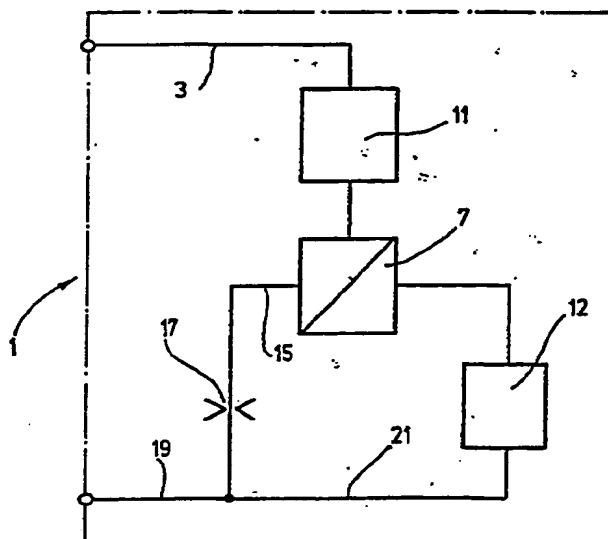
74 Vertreter:  
H. Bartels und Kollegen, 70174 Stuttgart

72 Erfinder:  
Kimmerle, Klaus, Dr.-Ing., 66424 Homburg, DE;  
Kirsch, Bernhard Johannes, Dr.rer.nat., 66399  
Mandelbachtal, DE; Sahner, Paul Adolf, Dipl.-Ing.,  
66783 Dillingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE 36 17 598 A1

54 Vorrichtung zur Messung des Wasseranteils in einem Fluid

57 Eine Vorrichtung 1 zur Messung des Wasseranteils in einem Fluid, insbesondere Hydrauliköl, weist eine Filtereinheit 7 mit einer hydrophoben Filterschicht, eine erste Sensoreinheit 11 vor der Filtereinheit 7 und eine zweite Sensoreinheit 12 hinter der Filtereinheit 7 auf, wobei die Sensoreinheiten 11, 12 empfindlich sind für eine für Wasser und den Hauptbestandteil des Fluids unterschiedliche Stoffeigenschaft.



DE 196 47 201 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung des Wasseranteils in einem Fluid, insbesondere Hydrauliköl.

Handelsübliche Vorrichtungen weisen einen kapazitiven Sensor auf, der in das wasserhaltige Öl eingetaucht wird, wobei letzteres als Dielektrikum wirkt. Eine dem Sensor nachgeschaltete Auswerteeinheit bestimmt die Kapazität des Sensors, die ein Maß für den Wasseranteil im Öl ist. Nachteilig bei dieser Vorrichtung ist, daß vor der Inbetriebnahme eine Eichung mit wasserfreiem Öl erfolgen muß. So ist durch die DE 36 17 598 A1 eine Vorrichtung mit einem kapazitiven Sensor bekannt, der die Sättigung eines Feinfilters erkennt, wie es in Anlagen zur Öl-Wasser-Trennung eingesetzt wird. In dahingehenden Anlagen werden die öligen Bestandteile im Filtermaterial zurückgehalten und das Wasser fortschreitend durch Öl ersetzt. Wenn der Feinfilter ölgesättigt, also unbrauchbar, ist, löst der Sensor über eine Alarmanrichtung einen Alarm aus.

Der derart mit Öl gesättigte Feinfilter ist dann abzureinigen, was aufwendig ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Vorrichtung zur Messung des Wasseranteils in einem Fluid zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 7. Vorteilhafte Verfahren zum Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind Gegenstand der Ansprüche 8 und 9.

Die Filtereinheit mit der hydrophoben Filterschicht trennt aus dem wasserhaltigen Fluid eine wasserfreie Fluidprobe ab. Mit der ersten Sensoreinheit vor der Filtereinheit ist der Momentanwert einer Stoffeigenschaft des wasserhaltigen Fluids meßbar, während die zweite Sensoreinheit hinter der Filtereinheit den Referenzwert dieser Stoffeigenschaft für ein wasserfreies Fluid liefert. "Vor" und "hinter" werden durch die Richtung definiert, in der das Fluid die Filtereinheit durchströmt. Diese Stoffeigenschaft, für die die Sensoreinheiten empfindlich sind, muß für Wasser und den Hauptbestandteil des Fluids unterschiedlich sein. Vorzugsweise ist dies die Dielektrizitätskonstante, es kommen aber auch andere physikalische Eigenschaften der Stoffe in Frage, beispielsweise die Wärmeleitfähigkeit. Dadurch, daß die erfindungsgemäße Vorrichtung die zweite Sensoreinheit aufweist, muß der Referenzwert der Stoffeigenschaft nicht, wie im Stand der Technik, gesondert im Labor ("off-line") bestimmt werden.

Zur Bestimmung des Referenzwertes muß nur eine kleine Fluidmenge abgefiltert werden. Die Filtereinheit ist dann als ein sogenanntes Querstromfilter ausgebildet. Eingang und Ausgang für das wasserhaltige Fluid befinden sich daher auf der gleichen Seite der Filtereinheit, nämlich vor ihr. Vorzugsweise weist die Vorrichtung hinter der Filtereinheit einen weiteren Ausgang für das gefilterte Fluid auf, da dann die Filtereinheit ständig von frischem Fluid durchströmt wird und eine Abtrennung von Wasser aus dem Fluid laufend stattfinden kann.

Vorteilhafterweise ist in Fluidrichtung hinter der ersten Sensoreinheit eine Blend vorgesehen, die ähnliche Durchflußcharakteristiken wie die Filtereinheit aufweist. Damit ist sichergestellt, daß die durch die Filtereinheit hindurchtretende Fluidmenge unabhängig von der Viskosität ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Vorrichtung zwei Kammern auf, die durch die Filt r ineit getrennt sind, wobei jeder Kammer eine der beiden Sensorein h iten zugeordnet ist. Die Sensoreinheiten sind dabei beispielsweise auf der Innenseite einer Kammerwand vorgesehen. Durch die Kammerbauweise erfolgen die Messungen an geringen Fluidmengen, was die Ansprechzeiten der Sensoreinheiten verringert. Durch die Integration von Filtereinheit und Sensoreinheiten steht zudem ein einheitlich handbares Modul zur Verfügung.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Sensoreinheiten als Kondensatoren ausgebildet. Über die Kapazität dieser Kondensatoren ist dann die Dielektrizitätskonstante des Fluids meßbar. Vorzugsweise sind die Sensoreinheiten in Dünnschichttechnik hergestellt, damit das Fluid möglichst nahe an den Bereich des maximalen elektrischen Feldes der Kondensatoren herangebracht werden kann, um so einen großen Einfluß auf dessen Kapazität zu erhalten. Dies verbessert die Empfindlichkeit der Sensoreinheiten.

Diese Empfindlichkeit wird noch gesteigert durch eine Ausbildung der Kondensatoren als mehrere, auf einem Substrat aufgebrachte, parallele, abwechselnd in der Art zweier ineinandergreifender Kämme miteinander verbundene Leiterbahnen gesteigert werden. Zum Schutz der Leiterbahnen ist vorteilhafterweise eine Abdeckung vorgesehen, welche dann auf der den Substraten und Leiterbahnen abgewandten Seite mit dem Fluid in Kontakt steht. Für eine hohe Lebensdauer der Sensoreinheiten und eine minimale Hysterese weist diese Abdeckung eine (ebenso wie das Substrat) chemisch beständige Schutzschicht und eine die Leiterbahnen direkt abdeckende Diffusionssperrschicht auf, die eine Wasseraufnahme verhindert.

Bei einem bevorzugten Verfahren zum Betrieb der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird mit der ersten Sensoreinheit die Stoffeigenschaft des wasserhaltigen Fluids und mit der zweiten Sensoreinheit gleichzeitig die Stoffeigenschaft des gefilterten Fluids gemessen. Bei gleicher Ausbildung der Sensoreinheiten liefert der Unterschied der gemessenen Stoffeigenschaften ein Maß für den Wasseranteil des wasserhaltigen Fluids. Durch die gleichzeitige Messung werden während des Betriebes auftretende Schwankungen der Eigenschaften des Fluids, beispielsweise die Temperatur oder Alterungerscheinungen, ausgeglichen.

Für die laufende Überwachung ist es von Vorteil, wenn die Messungen der Stoffeigenschaft ständig ("on-line") durchgeführt wird, was beispielsweise bei der Messung der Dielektrizitätskonstanten ohne weiteres möglich ist.

Im folgenden ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Block-Ersatzschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 einen in Bezug auf die Fluidrichtung Längsschnitt des Ausführungsbeispiels,

Fig. 3 eine perspektivische, vereinfacht dargestellte Ansicht einer Sensoreinheit,

Fig. 4 einen Querschnitt einer Sensoreinheit.

Eine als Ganzes mit 1 bezeichnete Vorrichtung zur Messung des Wasseranteils in einem isolierenden oder schwach polaren Fluid weist einen Zufluß 3 auf, durch den das wasserhaltige Fluid in eine Meßkammer 5 eintritt. An einer Seite ist die Meßkammer 5 durch eine

Filterereinheit 7 von inner benachbarten Referenzkammer 9 abgetrennt. Die Filterereinheit 7 besteht aus einem Träger (z. B. einer Sintermetallscheibe) für eine, auf der der Meßkammer 5 zugewandten Seite aufgetragenen, hydrophobe Filterschicht 7'. Die als Membran ausgebildete Filterschicht 7' besteht z. B. aus Teflon mit 0,2 µm großen Poren. Auf der der Filterereinheit 7 gegenüberliegenden Innenseite der Meßkammer 5 ist eine erste Sensoreinheit 11 als Meßsensor für eine Stoffeigenschaft, nämlich die Dielektrizitätskonstante, vorgesehen. Auf der der Filterereinheit 7 gegenüberliegenden Seite der Referenzkammer 9 weist letztere eine zweite, gleich ausgebildete Sensoreinheit 12 auf. An dem dem Zufluß 3 gegenüberliegenden Ende weist die Meßkammer 5 einen Ausgang 15 auf, der über eine als Blende wirkende Laminardrossel 17 mit dem Abfluß 19 der Vorrichtung verbunden ist. Die Referenzkammer 9 steht über einen weiteren Ausgang 21 ebenfalls mit dem Abfluß 19 in Verbindung.

Das durch den Zufluß 3 in die Meßkammer 5 fließende wasserhaltige Fluid strömt zunächst entlang der ersten Sensoreinheit 11 auf der einen Seite und der Filterereinheit 7 auf der anderen Seite der Meßkammer 5. Der größte Teil des Fluids fließt durch den Ausgang 15 über die Laminardrossel 17 zum Abfluß 19. Dieser Teil des Fluids strömt daher tangential über die Filterschicht 7' und verhindert dort die Bildung von Wassertropfen. Der andere Teil des Fluids strömt durch die Filterereinheit 7 in die Referenzkammer 9, wobei die Filterschicht 7' das freie Wasser aus dem Fluid filtert. Dieser Vorgang wird als Querströmfiltration bezeichnet. Das in die Referenzkammer 9 gelangende Fluid strömt entlang der zweiten Sensoreinheit 12 über den Ausgang 21 zum Abfluß 19. Die Laminardrossel 17 sorgt für einen Druckunterschied zwischen der Meßkammer 5 und der Referenzkammer 9. Dieser Druckunterschied treibt das Fluid durch die Filterereinheit 7 und tauscht das Fluid in der Referenzkammer 9 ständig aus.

Die beiden Sensoreinheiten 11, 12 sind als Interdigitalkondensatoren ausgebildet, die in Dünnschichttechnik hergestellt werden. Auf ein Substrat 31 aus Quarzglas wird dabei eine 30 nm dicke Schicht aus Gold aufgebracht. Durch Photolithographie oder einen Laserstrahl wird ein Teil der Goldschicht so entfernt, daß langgestreckte parallelverlaufende Leiterbahnen 33 entstehen, die an einem Ende abwechselnd miteinander verbunden sind in der Art zweier ineinandergreifender Kämme. Im Ausführungsbeispiel sind insgesamt sechs Leiterbahnen 33 vorgesehen, von denen je drei miteinander verbunden sind. Die Leiterbahnen 33 werden überdeckt mit einer 100 nm dicken Diffusionsspererschicht 35 aus  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Diese Diffusionsspererschicht 35 ist wiederum abgedeckt durch eine 300 nm dicke Schutzschicht 37 aus  $\text{SiO}_2$ , die als Kratz- und Partikelschutz wirkt. Die Leiterbahnen 33 der Sensoreinheiten 11, 12 sind kontaktiert und als Kondensatoren verschaltet. Materialien, Schichtdicken und Elektrodenabstände sind dabei so gewählt (die Substratdicke ist größer als der fünffache Elektrodenabstand), daß die einzigen, nennenswerten Kapazitäten zwischen den beiden Gruppen von Leiterbahnen 33 auftreten. Die Kapazitäten von Diffusionsspererschicht 35 und Schutzschicht 37 sowie deren Leitfähigkeit sind vernachlässigbar.

Zur Messung des Wasseranteils in einem Fluid mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden die Sensoreinheiten mit dem Fluid in Kontakt gebracht. Ein Teil des in den Kondensatoren der Sensoreinheiten bestehenden elektrischen Feldes durchsetzt dabei das als Di-

elektikum wirkende Fluid. In Abhängigkeit vom Wasseranteil des Fluids ändert sich dessen Dielektrizitätskonstante und damit die Kapazität des Kondensators. Zur Messung dieser Kapazität wird dabei der Kondensator in einen von einem hochstabilen Oszillator angelegten Schwingkreis eingebunden, dessen Frequenz mittels einer Zähschaltung gemessen werden kann.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird mit der ersten Sensoreinheit die Dielektrizitätskonstante des wasserhaltigen Fluids gemessen, während mit der zweiten Sensoreinheit gleichzeitig als Referenzwert die Dielektrizitätskonstante des gefilterten Fluids bestimmt wird, also im wesentlichen die Dielektrizitätskonstante des Hauptbestandteils des Fluids. Durch die im Rahmen der Herstellungsgenauigkeit identische Geometrie und eine anfängliche Eichung stimmen die beiden Sensoreinheiten so überein, daß Abweichungen der Dielektrizitätskonstante der Fluide bei jeder Sensoreinheit mit hoher Meßgenauigkeit bestimmt werden können. Bis auf den geringen Anteil an gelöstem Wasser kann dann aus dem Unterschied der Dielektrizitätskonstanten des wasserhaltigen Fluids und des gefilterten Fluids der Wasseranteil direkt bestimmt werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Messung des Wasseranteils in einem Fluid, insbesondere Hydrauliköl, mit
  - a) einer Filterereinheit (7), die eine hydrophobe Filterschicht (7') aufweist,
  - b) einer ersten Sensoreinheit (11) vor der Filterereinheit (7),
  - c) einer zweiten Sensoreinheit (12) hinter der Filterereinheit (7), wobei
  - d) die Sensoreinheiten (11, 12) empfindlich sind für eine für Wasser und den Hauptbestandteil des Fluids unterschiedliche Stoffeigenschaft.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch je einen Ausgang (15, 21) sowohl vor als auch hinter der Filterereinheit (7).
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Blende (17) in Fluidrichtung hinter der ersten Sensoreinheit (11).
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch zwei Kammern (5, 9), die durch die Filterereinheit (7) getrennt sind, wobei jeder Kammer (5, 9) je eine der Sensoreinheiten (11, 12) zugeordnet ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheiten (11, 12) als in Dünnschichttechnik hergestellte Kondensatoren ausgebildet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoreinheiten (11, 12) mehrere, auf einem Substrat (31) aufgetragene, parallele Leiterbahnen (33) aufweisen, welche abwechselnd in der Art zweier ineinandergreifender Kämme miteinander verbunden sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch eine Abdeckung (35, 37), welche auf der dem Substrat (31) und den Leiterbahnen (33) abgewandten Seite mit dem Fluid in Kontakt steht.
8. Verfahren zur Messung des Wasseranteils in einem Fluid, insbesondere Hydrauliköl, mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mit der ersten Sensoreinheit die Stoffeigenschaft des wasserhaltigen Fluids gemessen wird und mit der zweiten Senso-

reinheit gleichzeitig die Stoffeigenschaft des gefilterten Fluids g messen wird, und daß der Wass r-anteil aus dem Unterschied d r Stoffeigenschaften bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekenn- 5  
zeichnet, daß die Messungen der Stoffeigenschaften ständig durchgeführt werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

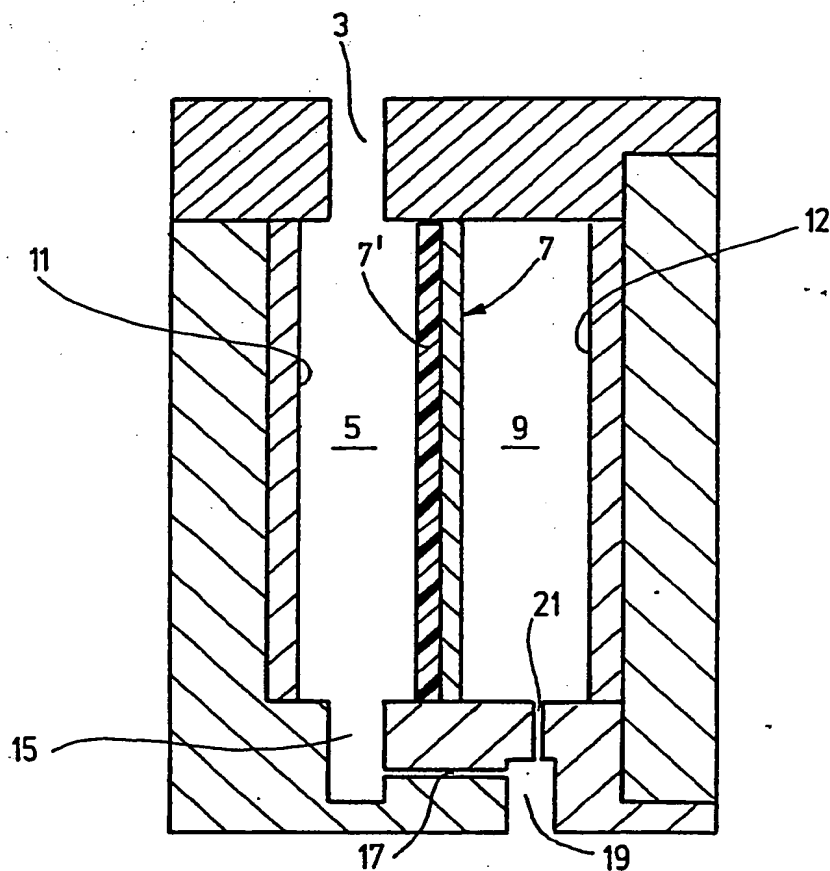
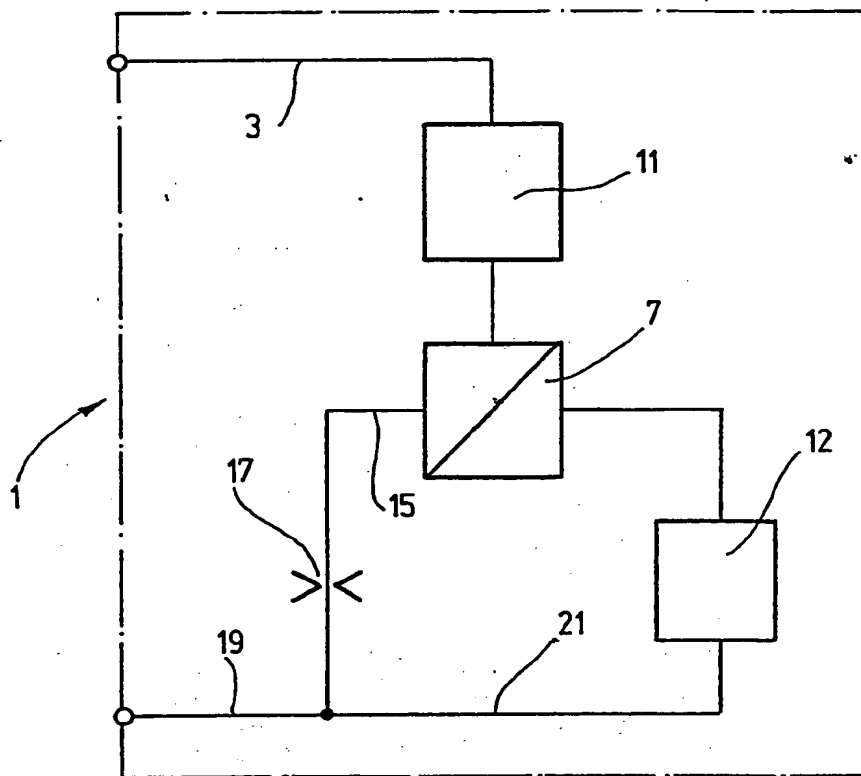
45

50

55

60

65



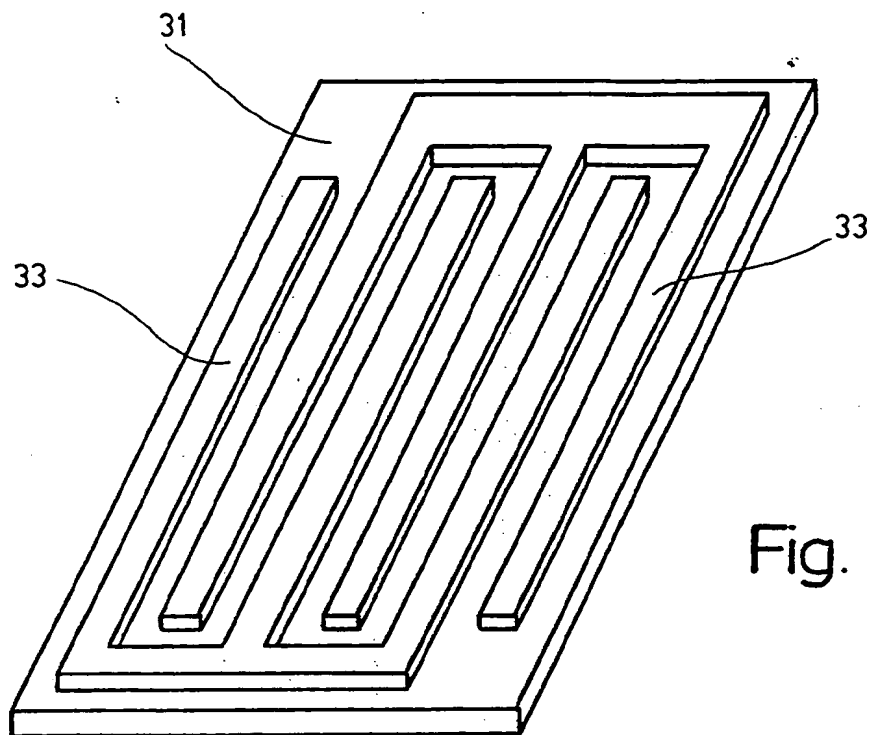


Fig. 3

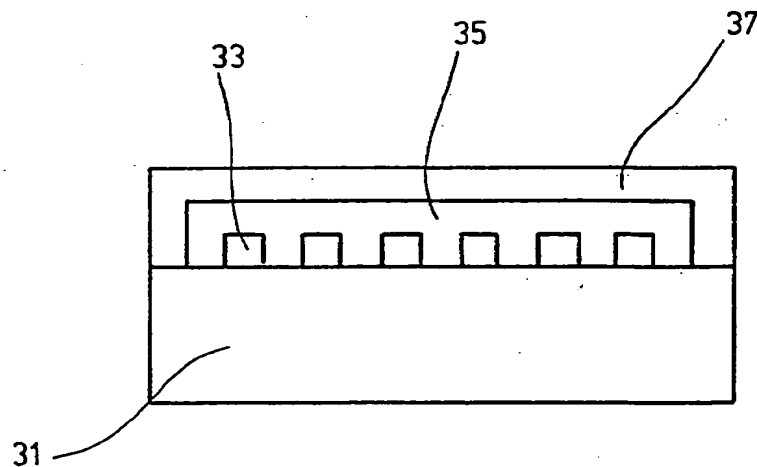


Fig. 4